

15 JUL 2004

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Juli 2003 (24.07.2003)

PCT

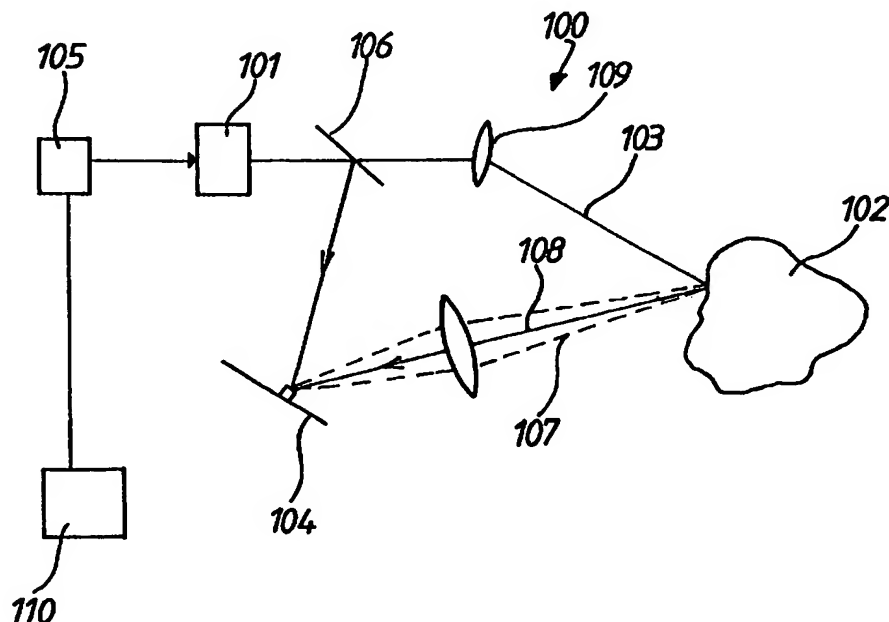
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/060426 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01C (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BONNET, Gerhard  
[DE/DE]; Cottbuser Weg 16, 68309 Mannheim (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00154 (74) Anwalt: PIETRUK, Claus, Peter; Heinrich-Lilien-  
fein-Weg 5, 76229 Karlsruhe (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 20. Januar 2003 (20.01.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT  
(Gebrauchsmuster), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY,  
BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (Gebrauchsmuster),  
CZ, DE (Gebrauchsmuster), DE, DK (Gebrauchsmuster),  
DK, DM, DZ, EC, EE (Gebrauchsmuster), EE, ES, FI (Ge-  
brauchsmuster), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID,  
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,  
LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,  
NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK (Ge-  
brauchsmuster), SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 04 879.7 19. Januar 2002 (19.01.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): SPHERON VR AG [DE/DE]; Hauptstrasse 186,  
67714 Waldfishbach-Burgalben (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: IMAGING DEVICE FOR RECORDING DEPTH

(54) Bezeichnung: TIEFENERFASSENDE BILDGEBENDE VORRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a device for determining the distance of an object in local resolution mode, using a frequency-shifted feedback radiation source for irradiating the object with radiation that can be used to determine distance and using a position-sensitive object recording sensor. According to the invention, the frequency-shifted feedback laser for irradiating the object is equipped with an element for increasing the beat intensity of the emission frequency component and the position-sensitive object recording sensor is configured to record the beat intensity of the object and not the incoming radiation from the object.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/060426 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur ortsaufgelösten Objektentfernungsbestimmung mit einer frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle zur Objektbestrahlung mit entfernungsbestimmungsnutzbarer Strahlung und einem positionsempfindlichen Objekterfassungssensor. Hierbei ist vorgesehen, daß die frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle zur Objektbestrahlung mit einem Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung und der positionsempfindliche Objekterfassungssensor zur Erfassung der Schwebungsintensität vom Objekt und nicht-vom Objekt einlaufender Strahlung ausgebildet ist.

Titel: Tiefenerfassende bildgebende Vorrichtung

### Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft das oberbegrifflich Beanspruchte und befaßt sich somit mit der Messung der Entfernung von Objekten unter Verwendung von frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquellen.

Es ist seit langem bekannt, Entfernungen optisch zu messen. Neben Echolot-artigen Messungen, bei denen kurze Lichtimpulse ausgesendet und die Zeit bis zum Empfang rückgestreuter oder reflektierter Impulse gemessen wird, sind unter anderem interferometrische Verfahren bekannt.

Bei interferometrischen Verfahren wird ein Lichtstrahl in einen Referenzlichtstrahl und einen Objektlichtstrahl aufgespalten. Der Objektlichtstrahl wird auf ein Objekt eingestrahlt und von diesem rückempfangen. An einem Lichtempfänger werden dann die Referenz- und Objektlichtstrahlen überlagert und es wird dann aus dem Überlagerungssignal geschlossen, wie weit das Objekt entfernt ist. Dieses Vorgehen erlaubt je nach Anordnung hochpräzise Messungen; allerdings bereitet die Tiefenmessung bei ausgedehnten Objekten an verschiedenen Stellen Schwierigkeiten.

Es ist weiter bekannt, Entfernungsmessungen mit Frequenzhub-Rückkopplungslasern beziehungsweise frequenzverschobene Rückkopplungslaser (Frequency-Shifted-Feedback-Laser, FSF-Laser) vorzunehmen. Beispiele für den FSF-Laser sind zu finden in

den Aufsätzen von F.V. Kowalski, P.D. Hale und S.J. Shattil „Broadband continuous-wave lasers“, Opt. Lett. 13, 622 (1988) sowie P.D. Hale und F.V. Kowalski „Output characteristics of a frequency shifted feedback laser: theory and experiment“ IEE J. Quantum Electron. 26, 1845 (1990) sowie von K. NAKAMURA, T. MIYAHARA, M. YOSHIDA, T. HARA und H. ITO „ A new technique of optical ranging by a frequency-shifted feedback laser“, IEEE Photonics Technology Letters, Band 10, 1998, Seiten 1772 ff. Ein Beispiel für die Verwendung solcher Laser zur Entfernungsmessung ist detailliert beschrieben in dem Aufsatz „Observation of a highly phase-correlated chirped frequency comb output from a frequency-shifted feedback laser“ von K. NAKAMURA, T. MIYAHARA und H. ITO; Applied Physics Letters, Band 72, Nr. 21, Seiten 2631 ff. sowie in dem Aufsatz „Spectral Characteristics of an All Solid-State Frequency -Shifted Feedback Laser“ von K. NAKAMURA, F. ABE, K. KASAHARA, T. HARA, M. SATO und H. ITO in IEEE-JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Band 33, Seiten 103 ff. Es sei weiter hingewiesen auf I.C.M. Littler, S. Balle und K. Bergmann „The cw modelless laser: spectral control, performance data and build-up dynamics“ Opt. Commun. 88, 514 (1992) sowie S. Balle, F.V. Kowalski und K. Bergmann „Frequency shifted feedback dye laser operating at small frequency shift“ Opt. Commun. 102, 166 (1993) sowie G. Bonnet, S. Balle, Th. Kraft und K. Bergmann „Dynamics and self-modelocking of a Titanium-Sapphire laser with intracavity frequency shift“ Opt. Commun. 123, 790 (1996). Die drei letztgenannten Dokumente charakterisieren FSF-Laser nach dem Stand der Technik weiter. Diese Dokumente sind durch Bezugnahme ebenso wie die DE 100 45 535 zu Offenbarungszwecken vollumfänglich eingegliedert. Eine Anordnung, in der ein FSF-Laser für die orts aufgelöste Entfernungsmessung verwendet wird, ist in der DE 100 45 535.2 und

PCT/EP 01/10416 beschrieben.

Kurz läßt sich das Prinzip der Entfernungsmessung mit einem FSF-Laser, der in seinem Resonator neben dem Verstärkungsmedium einen akustooptischen Modulator enthält, wie folgt darstellen: Eine Lichtverstärkung von in das Verstärkungsmedium einlaufenden Lichtwellen findet nur für jene Frequenzen statt, bei denen die Verstärkung größer als 1 ist. Bei allen anderen Frequenzen wird das Licht wie üblich abgeschwächt. Der optische Resonator hat nun, ähnlich wie eine schwingende Saite bevorzugte Frequenzen, sogenannte Resonatormoden. Jede Resonatormode hat eine bestimmte Frequenz, das heißt, sie entspricht Licht exakt bestimmter Wellenlänge. Jene Resonatormoden, bei denen die Verstärkung des verstärkenden Mediums größer als 1 ist, werden nun bevorzugt emittiert.

Dies ist prinzipiell das Verhalten eines Lasers ohne akustooptischen Modulator. Wird nun der akustooptische Modulator erregt, entsteht durch die Materialschwingung ein bewegtes Gitter unterschiedlich dichter Stellen; an diesem Dichtegitter wird das im Resonator umlaufende Licht gebeugt, wobei eine Wechselwirkung der Lichtphotonen mit den die Dichteschwingung des akustooptischen Modulators charakterisierenden Phononen auftritt, was die Frequenz des gebeugten Lichtes um die Erregungsfrequenz des akustooptischen Modulators verschiebt. Dies führt dazu, dass die Lasermoden sich mit der Zeit geringfügig in der Frequenz verschieben, sich also die Frequenz einer Mode mit der Zeit ändert; wenn mehr als eine Mode vorliegt, gilt dies aber für alle Moden, die im Resonator anschwingen. Es versteht sich dabei, dass, je nachdem, wie weit oberhalb der Verstärkung 1 das Verstärkungsprofil verläuft, die Intensitäten der einzelnen anschwingenden Moden unter-

schiedlich sind und dass sich die Modenintensität mit der Frequenz ändert. Es ist auch einsichtig, dass die Frequenzen sich dabei für alle Moden in gleicher Weise mit der Zeit ändern. Mit anderen Worten wird Licht, das zu unterschiedlichen Zeiten emittiert wird, unterschiedliche Frequenzen besitzen.

Laufen nun an einem Ort wie einem Detektor Lichtstrahlen ein, die über unterschiedlich lange optische Wege eingestrahlt werden, also auch zu unterschiedlichen Zeiten aus dem Laser emittiert wurden, so muß eine Frequenzdifferenz zwischen beiden vorliegen. Diese Frequenzdifferenz kann als Schwebungsfrequenz auf einem photoempfindlichen Element detektiert werden. Aus der Schwebungsfrequenz kann auf die Weglänge geschlossen werden.

Detaillierter ist die bekannte Meßanordnung in den oben unter Bezug genommenen Dokumenten beschrieben.

In der Praxis hat sich nun gezeigt, dass die Signale am Meßempfänger stark verrauscht sind. Ist der Abstand, der zu bestimmen ist, fest, wäre ohne Rauschen im Schwebungsfrequenzspektrum eine einzelne scharfe Linie erkennbar. In der Realität zeigt sich jedoch, dass statt dessen mit FSF-Lasern eine sehr breite Struktur anstelle einer scharfen Linie erhalten wird, die die Qualität der erhaltenen Messung massiv beeinträchtigt.

Es ist wünschenswert, die vorbekannten Anordnungen und Verfahren so zu verändern, dass die Verwendbarkeit erhöht werden kann.

Die Aufgabe dieser Erfindung besteht darin, Neues für die gewerbliche Anwendung bereitzustellen.

Die Lösung dieser Aufgabe wird in unabhängiger Form beansprucht.

Es wird somit gemäß einem ersten wesentlichen Aspekt der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zur orts aufgelösten Objektentfernungsbestimmung mit einer frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle zur Objektbestrahlung mit entfernungsbestimmungsnutzbarer Strahlung und einem positionsempfindlichen Objekterfassungssensor, vorgeschlagen, wobei die frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle zur Objektbestrahlung mit einem Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung und der positionsempfindliche Objekterfassungssensor zur Erfassung der Schwebungsintensität vom Objekt und nicht vom Objekt einlaufender Strahlung ausgebildet ist.

Es wurde demnach nicht nur erkannt, dass die in der Interpretation des Standes der Technik vorherrschende Annahme, die von einzelnen Moden des frequenzverschobenen Lasers stammenden Schwebungsanteile würden sich addieren, so nicht zutrifft; sie löschen sich vielmehr aus. Überraschenderweise beruht das im Stand der Technik mit FSF-Lasern erzielbare Signal nämlich wohl darauf, dass im Betrieb der bekannten Laser Rauschen, also Fluktuation von Intensität und/oder Phase auftritt, die verhindert, dass eine - theoretisch tatsächlich bei genauerer Analyse zu erwartende - vollständige Auslöschung der zueinander kohärenten Frequenzkomponenten, wie sie anderenfalls auftreten würde, auftritt. Bei Messungen mit FSF-Lasern nach dem Stand der Technik bedingtes Rauschen

scheint demnach keine Folge des Rauschens des Lasers, sondern die eigentlichen Meßsignale selbst sind es, die erst durch das Rauschen des Lasers, also dessen inhärente Fluktuationen, bedingt sind. Ausgehend von dieser Erkenntnis wird nun nicht nur vorgeschlagen, dass an der Strahlungsquelle Mittel zur Erhöhung der Intensität der Schwebung von Frequenzkomponenten der emittierten Strahlung vorgesehen sind, sondern es wird auch angegeben, wie diese Erkenntnis zur besseren orts aufgelösten Objektentfernungsbestimmung genutzt werden kann.

In einer bevorzugten Variante kann vorgesehen sein, dass die Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung als Mittel zur nichtstochastischen Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung ausgebildet sind; sie werden also eine Intensitätserhöhung über jene bedingen, die durch Spontanemission insbesondere im Verstärkungsmedium bewirkt ist.

Typisch wird eine Injektionslichtquelle vorgesehen sein, die Licht in die Strahlungsquelle injiziert, also ein Seed-Strahlungsfeld dort bereitstellt. Alternativ dazu wäre es auch möglich, eine vollständige Auslöschung von Frequenzkomponenten über das durch Spontanemission im stationären Betriebszustand bedingte Maß hinaus zu stören, indem etwa das Pumplicht moduliert wird, was jedoch typisch aufgrund der Niveaulaufzeiten usw. weniger bevorzugt ist, oder etwa schnelle Verlustmechanismen im Verstärkermedium selbst zu bewirken. Das Vorsehen einer Injektionslichtquelle ist jedoch deshalb besonders vorteilhaft, weil es eine baulich einfache Möglichkeit darstellt, durch welche eine Vielzahl vorteilhafter Ausführungen realisierbar sind.



In einer besonders bevorzugten Variante handelt es sich bei der Injektionslichtquelle um einen Injektionslaser. Dessen Strahlung kann in den Resonator insbesondere in und/oder auf das Verstärkungsmedium der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle geführt sein.

Bevorzugt wird es, wenn die Injektionslichtquelle Licht bei einer Wellenlänge emittiert, die nahe an jener liegt, bei der die Verstärkung des Verstärkungsmediums der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle bei 1 liegt; es kann dabei wahlweise nahe der oberen und/oder unteren Schwellwellenlänge eingestrahlt werden. Die Frequenz der injizierten Lichtstrahlung wird dabei typisch innerhalb des Bereiches liegen, bei dem die Verstärkung  $G$  größer 1 ist und nicht außerhalb. Bei sehr nahe an der Schwelle injizierter Seed-Strahlung und insbesondere Modulation derselben kann diese Schwelle aber insbesondere temporär überschritten werden. Es wäre aber stets bevorzugt, die Einstrahlfrequenz so zu wählen, dass nach einigen Resonatorumläufen spätestens eine Verstärkung erfolgt.

Es ist bevorzugt, wenn die Injektionslichtquelle Strahlung schmalbandig emittiert, wobei Schmalbandigkeit bezogen wird auf die Verstärkungsbandbreite des Verstärkungsmediums der frequenzverschobenen rückgekoppelten Strahlungsquelle.

Schmalbandig kann hier eine Breite nicht größer als 5%, bevorzugt nicht über 1% der Verstärkungsbandbreite sein. In einer besonders bevorzugten Variante wird ein Single-Mode Injektionslaser mit exakt definierter, modulierbarer Frequenz und/oder Amplitude für die Injektion verwendet.

Die Injektionslichtstrahlung wird bevorzugt bezüglich der Intensität und/oder der Phase variiert. Es kann diese Variation etwa durch eine reguläre Modulation, also vorgegebenen Gesetzmäßigkeiten gehorchenden oder Begrenzungen unterworfenen Modulation von Intensität und/oder Phase erfolgen, die allerdings nicht zwingend ebenmäßig sein muß.

Besonders bevorzugt ist es, wenn die Modulation nicht konstant ist, sondern wenn die Intensität und/oder die Phase der Modulation der Injektionslichtstrahlung mit der Zeit variiert, was besonders günstig auf periodische Weise erfolgt. Bevorzugt wird insbesondere, wenn die Frequenz der Intensitätsmodulation linear innerhalb bestimmter Intervalle geändert wird, weil eine lineare Variation der Modulationsfrequenz der Injektionslichtstrahlung eine Auswertung von erhaltenen Schwebungssignalen insbesondere zur Distanzbestimmung signifikant vereinfacht.

Wenn eine Modulation der aus der Injektionslichtquelle emittierten Strahlung bezüglich Phase und/oder Intensität vorgenommen wird, so ist es bevorzugt, wenn die Frequenz dieser Modulation nahe jener liegt, welche sich ergibt aus der sogenannten Chirprate und der Distanz, welche mit der Strahlungsquelle momentan bestimmt wird. Die Chirprate ist dabei gegeben aus der Frequenz des akustooptischen oder anderen Modulators innerhalb der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle bezogen auf die Umlaufzeit der Strahlung im Resonator dieser Quelle.

Es sei erwähnt, dass es sich bei der Strahlungsquelle typisch um einen frequenzverschoben rückgekoppelten Laser handeln wird. Dieser kann insbesondere in infraroten, insbesondere in

augensicheren Bereichen arbeiten. Die für Telekommunikationsgeräte besonders preisgünstig verwendbaren und technologisch gut erschlossenen Wellenlängenbereiche sind auch für Zwecke der vorliegenden Erfindung anwendbar, was die Möglichkeit eröffnet, auf preiswert verfügbare Elemente beim Aufbau von Anordnungen und Vorrichtungen zurückzugreifen.

Bevorzugt ist also eine Vorrichtung, worin die frequenzverschobene rückgekoppelte Strahlungsquelle durch einen Laser gebildet ist und das Mittel zur Emmissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung ein Seed-Licht in den ersten Laser einstrahlendes, frequenzmoduliertes Seed-Laser ist, wobei die Vorrichtung weiter ein Mittel umfaßt, um die Frequenz der Seed-Laser-Frequenzmodulation an zu bestimmende Entfernungen anzupassen. Mit anderen Worten wird vorgeschlagen, dass die Vorrichtung zur orts aufgelösten Objektentfernungsbestimmung einen durchstimmbaren Seed-Laser umfaßt und das Schwebungssignal in Abhängigkeit von der Seedlaserdurchstimmung bestimmt wird.

Besonders bevorzugt ist, wenn die Seedfrequenz allmählich verändert wird, um jeweils eine hinreichende Zeit für die Einstellung einer stabilen Schwebung und deren Bestimmung am Sensor vorzusehen. Die Seedfrequenz kann demgemäß stufenweise verändert werden und für eine bestimmte Meßzeit konstant gehalten werden. Alternativ ist es möglich, die Seedfrequenz jeweils um einen bestimmten Wert zu wobbeln, was vermeidet, dass Frequenzsprünge der Seedfrequenzdurchstimmung so liegen, dass bestimmte Distanzen nicht erfaßt werden und somit für einzelne Objekte oder Objektteilbereiche keine und /oder nur ungenaue Distanzen bestimmt werden können. Die Seedfrequenz kann auch systematisch in unterschiedlichen Durchläufen ver-

ändert werden, mit unterschiedlichen Stufen und dergleichen, wobei einzusehen ist, dass dann die Objektentfernung unter Berücksichtigung der Signale aus mehreren Durchgängen bestimmt wird.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die mit dem Objekterfassungssensor erfassten schwebungsintensitätsbezogenen Objekterfassungssensorsignale gefiltert werden. Ein Filter kann besonders zur Herausfilterung nur der Wechsignalanteile gebildet sein. Besonders vorteilhaft ist, dass ein relevantes Signal lediglich im Bereich der Seedfrequenz auftreten wird und daher auf diese Seedfrequenz schmalbandig gefiltert werden kann, wobei der Filter mit der Seedfrequenz mitlaufen kann und/oder eine bestimmte Schmalbandigkeit aufweist. Es sei darauf hingewiesen, dass Artefakte dazu führen können, dass scharfe Frequenzkomponenten mit hohem Anteil im konditionierten Objekterfassungssensorsignal vorliegen können, wobei diese Frequenzkomponenten von der Seedfrequenz verschieden sein können. Derartige Störsignale lassen sich besonders gut ausfiltern mit schmalbandigen Filtern.

Die Objekterfassungssensorsignalkonditionierung wird typisch eine Signalverstärkung umfassen, wobei es besonders bevorzugt ist, die Verstärkung hinter der Filterstufe vorzusehen, weil dort eine sehr große Verstärkung möglich ist, was es erlaubt, auch per se sehr schwache Schwebungssignale noch auszuwerten. Es wird einsichtig sein, dass die geregelte und/oder gesteuerte Signalkonditionierung, insbesondere hinsichtlich der geregelten und/oder auf andere Weise eingestellten Verstärkung besonders bevorzugt ist, um auch in großen Abständen messen zu können. Insbesondere ist es möglich, eine Abhängigkeit der jeweiligen Verstärkung von der aktuellen Seedfrequenz vorzu-

geben, um so zu berücksichtigen, daß eine gegebene Seedfrequenz einem bestimmten Abstand entspricht und demgemäß eine abstandsproportionale Verstärkung mit z.B.  $1/r^2$ - oder  $1/r^4$ -Abhängigkeit sinnvoll sein kann.

Typisch wird also die Signatur des Objekterfassungssensorsignals in Abhängigkeit von der Seedfrequenzdurchstimmung erfaßt. Es kann dazu vorgesehen sein, dass der Maximalwert des Objekterfassungssensorsignals während der Seedfrequenzdurchstimmung bestimmt wird, wobei wie vorerwähnt, für die Seedfrequenzdurchstimmung insbesondere schrittweise vorgegangen werden kann, oder daß ein Effektivwert ermittelt wird, der als realer Effektivwert etwa nach Gleichrichten und Tiefpaßfilterung des bevorzugt bandpaßgefiltert verstärkten Objekterfassungssensorsignals erhalten wird und/oder es kann zur Entfernungsbestimmung der Effektivwert in einem bestimmten Frequenzfenster bestimmt werden.

Es ist möglich, Ableitungen des Objekterfassungssensorsignals mit der Seedfrequenzveränderung, bzw., sofern diese mit der Zeit erfolgt, die Variation des Objekterfassungssensorsignals mit der Zeit zur Entfernungsbestimmung heranzuziehen. Dabei kann, da Rauschen schnelle Signalschwankungen und damit große Ableitungen hervorrufen kann, ein Rauscheinfluß durch Simultanbetrachtung eines Signalkomparatorausgangs verringert werden, der sicherstellt, dass nur dann Änderungen der Ableitungen berücksichtigt werden, wenn das ggf. konditionierte Objekterfassungssensorsignal hinreichend groß ist, weil in solchen Fällen davon auszugehen ist, dass kein ausschließlicher Rauscheinfluß vorliegt. Die Wertung kann einen Entfernungsmeßwert im Hinblick auf die Zeit zwischen einer vorgegebenen Charakteristik wie ein Erreichen eines Maximums im Objekter-

fassungssensorsignal seit dem Beginn eines Seedfrequenzsweeps bzw. einer sukzessiven Frequenzveränderung ermitteln. Daß dies unter Verwendung analoger Schaltungen geschehen kann, mit denen insbesondere das jeweilige Maximum gehalten wird und ein „Maximum-erreicht-Signal“ erzeugt wird, sobald ein Objekt-erfassungssensorsignal nicht weiter ansteigt, um über dieses „Maximum-erreicht-Signal“ das Einschreiben eines seedfrequenzbezogenen oder Sweepzeitdauersignal-Zählerwertes in ein Digitalregister zu ermöglichen, sei erwähnt.

Eine besonders bevorzugte Variante besteht darin, einen im Infrarot emittierenden FSF-Laser mit frequenzverschobener Rückkopplung als Strahlungsquelle zu verwenden. Einerseits gibt dies in entsprechenden Infrarotbereichen einen inhärent augensicheren Betrieb und andererseits ist eine Bestrahlung eines bevorzugt zugleich im sichtbaren Licht simultan miterfaßten Objektes möglich, ohne dort die gesehenen Farben zu verändern. Es sei erwähnt, dass es möglich ist, mit ein und demselben Objekterfassungssensor zeitlich dicht hintereinander erst die Schwebungsintensität zu bestimmen und dann natürliches Licht vom Objekt zu erfassen. In einem solchen Fall werden einleuchtenderweise bevorzugt unterschiedliche Signalconditionierungen für Signale aus ein und demselben Pixel vorgesehen. Es ist eine weitere Möglichkeit, eine Objekterfassung mit einem Multipixelchip wie einem CMOS- oder CCD-Array vorzunehmen, der insbesondere wie per se bekannt, für die Mehrfarberfassung ausgelegt sein kann, wobei als eine „Farbe“ die bevorzugt, aber nicht zwingend, infrarote Strahlung vom Objekt bzw. deren Überlagerung auf den Chip mit einem über einen Referenzweg eingestrahlten Strahlungsanteil erfaßt werden kann. Wenn separate Sensorelementfelder für unterschiedliche Farben bzw. IR- und sichtbares Licht verwen-

det werden, können per se auf bekannte Weise Bildlageübereinstimmungen durch Bildlagekorrekturstufen herbeigeführt werden.

Die Erfindung wird nun im Folgenden nur beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben. In dieser zeigt:

- Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle für eine erfindungsgemäße Vorrichtung;
- Fig. 2 die Frequenzvariation einer einzelnen Lasermode bei linearem Chirp über der Zeit;
- Fig. 3 die synchrone Variation aller Komponenten (Moden) einer Strahlungslichtquelle mit frequenzverschobener Rückkopplung;
- Fig. 4 das Frequenzspektrum eines FSF-Lasers bei gegebener Verstärkungskurve (oben im Bild);
- Fig. 5 einen schematischen Aufbau für eine Distanzmessung mit einer Anordnung gemäß der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 6 eine Grauskaladarstellung eines Schwebungsfrequenzspektrums, wie es aus dem Stand der Technik erhaltbar ist, mit positionsunabhängigen Artefakt-Strukturen und einer schwachen, als schräg durch das Bild laufender Streifen erkennbaren Meßsignalstruktur;

Fig. 7 ein Beispiel für ein Schwebungsfrequenzsignal in Abhängigkeit von einer Seed-Strahlungsfrequenzmodulation.

Fig. 8 ein Beispiel für einen Aufbau einer Vorrichtung gemäß der Erfindung.

Nach Fig. 1 umfasst eine allgemein als 1 bezeichnete frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle 1 ein Mittel 2 zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung.

Die frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle 1 ist im vorliegenden Beispiel ein Ringlaser mit frequenzverschobener Rückkopplung. Der Ringresonator des Ringlasers 1 ist gebildet durch zwei hochreflektierende Spiegel 1a, 1b und einen akustooptischen Modulator 1c, dem ein Piezoelement 1c1 als Aktuator und Ein- und Ausgangsprismen 1c2, 1c3 zugeordnet sind und der so im Resonatorring angeordnet ist, dass die nullte Beugungsordnung, dargestellt als Strahl 3 auskoppelbar ist, während die erste Beugungsordnung das im Resonator umlaufende Licht führt. Der akustooptische Modulator 1c ist so gewählt, dass sich Beugungseffizienten von mehr als 90% für die in bekannter Weise durch die akustooptische Modulation frequenzverschobene erste Beugungsordnung ergeben. Die Geometrie ist weiter so gewählt, dass die dem akustooptischen Modulator 1c zugeordneten Prismen 1c2, 1c3 bezüglich ihrer Dispersion kompensiert werden und dennoch ein kompakter Aufbau möglich ist.

Zwischen den beiden hochreflektierenden Spiegeln 1a und 1b ist ein FasermEDIUM 1d angeordnet, dem Faserein- und auskopp-



lungsoptiken 1d1 und 1d2 zugeordnet sind. In die Faser wird aus einem hier als Diodenlaser (nicht gezeigt) ausgebildeten Punktlaser Energie eingestrahlt, so dass sie als Verstärkungsmedium verwendet werden kann. Die Einkopplung erfolgt an einer Faserweiche 1e. Bei der dargestellten Faser handelt es sich um eine herkömmliche Ytterbium-Faser mit einer großen nutzbaren Verstärkungsbandbreite von hier zum Beispiel wenigstens 70 nm im Spektralbereich um 1,2  $\mu\text{m}$ ; derartige Elemente sind aus dem Bereich der optischen Telekommunikation problemfrei verfügbar, genauso wie andere, gleichfalls verwendbare Anordnungen, beispielsweise Faserlaser auf der Basis von YAG bei 1,06  $\mu\text{m}$  mit einigen nm Bandbreite oder etwa Erbium bei 1,5  $\mu\text{m}$  verwendbar wären.

Die Anordnung des FSF-Laser, wie sie bis hierhin beschrieben wurde, ist im wesentlichen herkömmlich. Es sind nun Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung vorgesehen. Dazu ist eine Faserweiche 2a vorhanden, über welche in die Faser Injektionslicht, angedeutet bei 2b, über eine Einkoppeloptik 2c einkoppelbar ist. Das Injektionslicht 2b stammt aus einem Injektionslaser (nicht gezeigt), der seinerseits bezüglich seiner Amplitude und der Phase des optischen Trägers in zeitlich veränderlicher Weise modulierbar ist. Der Injektions- beziehungsweise Seed-Laser emittiert Strahlung, deren Wellenlänge dicht an der hier unteren für den dargestellten up-Chirp Stelle  $G=1$  des Verstärkungsprofils des FSF-Ringlasers 1 beziehungsweise der Faser 1d liegt, vergleiche Fig. 4, wo im oberen Teil des Bildes das Verstärkungsprofil als durchgezogene Linie eingezeichnet ist, zusammen mit der Verstärkungsschwelle 1, die horizontal eingezeichnet ist und wobei die optische Trägerfrequenz des Seed-Lasers als vertikale, strichpunktierte Linie eingetragen ist.

Es sei zugleich erwähnt, dass statt und/oder neben einer Einkopplung über eine Faserweiche 2a auch eine Einkopplung eines Injektionslichtstrahles durch einen der hochreflektierenden Spiegel möglich wäre, wie beim Spiegel 1a durch Strahl 2b2 angedeutet, und/oder eine Einkopplung erfolgen könnte in den akustooptischen Modulator hinein, wie durch Pfeil 2b3 angedeutet. Der Vollständigkeit halber sei hier auch angedeutet, dass das hier vom Injektionslicht verschiedene Pumplicht nicht nur, wie bei 1e1 angedeutet, über eine Faserweiche in die verstärkende Faser 1d vom Pumplichtstrahl 1e1 einkoppelbar ist, sondern zum Beispiel etwa über die hochreflektierenden Spiegel eine Pumplichteinkopplung möglich ist, wie durch Strahl 1e2 nahe des Spiegels 1b angedeutet.

Die Anordnung wird betrieben wie folgt:

Es wird Pumplicht auf die Faser 1d eingestrahlt, so dass sich darin eine den Laserbetrieb ermöglichende Inversion ergibt. Dann wird der Piezotreiber 1c1 des akustooptischen Modulators in Schwingung versetzt, so dass der Ring des frequenzverschobenen Rückkopplungslasers geschlossen wird. Licht, das nun aus der Faser emittiert wird, kann nun über den Spiegel 1a, durch das Prisma 1c2 und den akustooptischen Modulator 1c1 und das Prisma 1c3 laufen. Der überwiegende Teil dieses Lichtes wird dabei entsprechend der hohen Beugungseffizienz des akustooptischen Modulators gelenkt auf den Spiegel 1b1 und wird in die Faser 1d eingestrahlt.

Durch den Durchlauf durch den akustooptischen Modulator 1c ändert sich zugleich die Frequenz des Lichtes. Das Licht, das mit einer vorgegebenen Frequenz am Spiegel 1a in Richtung auf

den akustooptischen Modulator gelaufen ist, wird also mit einer verschobenen Frequenz beziehungsweise Wellenlänge am anderen hochreflektierenden Spiegel 1b eintreffen. Dieses Licht mit verschobener Frequenz wird in der Faser 1d verstärkt, läuft wiederum über den Spiegel 1a unter weiterer Frequenzverschiebung durch den akustooptischen Modulator 1c auf den Spiegel 1b, usw. Dies führt dazu, dass sich die Frequenz bei jedem Durchlauf verschiebt. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Frequenz ändert, hängt von der Zeit ab, die das Licht für einen Umlauf benötigt, und davon, wie stark die Frequenzverschiebung im akustooptischen Modulator ist. Die Verschiebung erfolgt für alle Komponenten beziehungsweise Moden, die im Resonator verstärkbar sind, in gleicher Weise, so dass der Frequenzkamm, den die Moden des FSF-Lasers darstellen, allmählich verschoben werden und zwar auf synchrone Weise. Es liegt ein sogenannter „Chirp“ vor. Dies ist in Fig. 3 dargestellt, während Fig. 2 die Variation der Frequenz bei gegebenem, linearen Chirp darstellt.

Es wird nun dieses Licht zur Entfernungsmessung verwendet. Nur prinzipiell wird dies zunächst für eine noch nicht ortsauflösende Interferometeranordnung erörtert, wie in Fig. 5 dargestellt, in der die erfindungsgemäße Lichtquelle 1, ein Strahlteilerelement 4 im Auskoppelstrahl 3 der Lichtquelle 1, ein Referenzweg 6 zu einer Referenzfläche 6' und ein Messweg 7 zu einem Messobjekt 7' dargestellt sind, wobei die Strahlen vom Referenzobjekt 6' und vom Messobjekt 7' zu einem Detektor 5 geführt sind.

Die Situation, die sich in einer solchen Anordnung vor Inbetriebnahme der Seed-Quelle am Detektor ergibt, kann aus Bild 6 ersehen werden. Dort ist in einer Grauskaladarstellung das

Schwebungsfrequenzspektrum für eine Laseranordnung als Funktion der Wegdifferenz  $\Delta L$  der Arme 6 und 7 der Messanordnung dargestellt. In der Grauskaladarstellung sind zunächst positionsunabhängige, also mit der Wegdifferenz  $\Delta L$  nicht variierende und somit im Bild horizontal verlaufende Linien zu erkennen, die durch einen Stehwellenanteil im akustooptischen Modulator bedingt sind und sich nach der Resonatorumlaufzeit wiederholen. Weiter ist das eigentliche Meßsignal stark verwaschen zu erkennen, das diagonal als dunkler Streifen durch das Bild läuft.

Nun wird die Injektionslichtquelle in Betrieb genommen, und zwar bei einer Trägerfrequenz nahe am unteren Bereich der Verstärkungskurve, das heißt gerade noch innerhalb jenes Bereiches, bei dem die Verstärkung größer als 1 ist. Die optische Trägerfrequenz, die vertikal gestrichelt eingezeichnet ist, wird moduliert, und zwar im vorliegenden Beispiel amplitudenmoduliert, wobei die Modulation selbst auch nicht konstant ist, sondern mit einer Frequenz variiert, die näherungsweise bestimmt ist aus der sogenannten Chirprate  $\alpha$ , das heißt der Frequenzverschiebung pro Resonatorumlauf dividiert durch die Resonatorumlaufzeit und weiter bestimmt ist durch die Lichtlaufzeit längs der Wegdifferenz  $\Delta L$  zwischen Meßstrahlweg und Referenzstrahlweg beim Aufbau von Fig. 5. Die Modulationsfrequenz des Injektionslichtes wird also nicht konstant gehalten, sondern um diesen sogenannten Signaturwert variiert, das heißt um jenen Wert, der sich aus der Chirprate  $\alpha$  und  $\Delta L$  ergibt durch die Formel

$$\Delta \nu = \alpha \times \Delta L \times c^{-1} \quad ,$$

wobei  $c$  die Lichtgeschwindigkeit ist. Um diese Signaturfrequenz herum wird die Modulationsfrequenz verändert und zwar bevorzugt linear-sägezahnförmig. Es ergibt sich dann eine Intensität am Detektor, wie sie in Fig. 7 dargestellt ist. Es zeigt sich, dass ein sehr deutlich ausgeprägter, scharfer Intensitätspeak des Schwebungssignals erhalten werden kann, also das Signal sehr wenig verrauscht ist und insbesondere ein geringeres Rauschen und damit eine präzisere Messung aufweist als im Stand der Technik bislang möglich. Wesentlich ist, dass die Injektionsstrahlungsmodulation und die Schwebungsfrequenzintensität eng miteinander verbunden sind und ein Schwebungsfrequenzintensitätsmaximum dann erreicht wird, wenn die Injektionsmodulationsfrequenz der für eine gegebene Wegdifferenz erwarteten Frequenz unter Berücksichtigung der Chirprate entspricht.

Dies wird zur Zeit begründet wie folgt: Durch die Injektion der Strahlung des Injektionslasers am Rand des Verstärkungsbereiches werden im Resonator Moden in den Schritten  $\Delta\nu_{AOM}$  über die gesamte Verstärkungsbandbreite verschoben, so dass der Laser sich nicht in ein stationäres, praktisch rauschfreies Gleichgewicht begeben kann, zu welchem er ansonsten neigen würde. Es scheint demnach so zu sein, dass das herkömmliche Bild über das Zustandekommen des Schwebungsspektrums inkorrekt ist und tatsächlich in einem rauschfreien Fall die Intensität einer Schwebung verschwindend wäre.

Es ist nun feststellbar, dass die Strukturbreite der erhaltenen Signalstruktur bestimmt wird durch die Verstärkungsbandbreite, also eine hohe Bandbreite der Strahlungslichtquelle mit frequenzverschobener Rückkopplung, das heißt des FSF-Lasers, zu einer guten räumlichen Auflösung führt. Da über-

dies die Entfernungsmessungsgenauigkeit im wesentlichen durch die Chirpgröße bestimmt ist, ist es wünschenswert, eine große Frequenzverschiebung durch den akustooptischen Modulator und eine geringe Laserresonatorlänge des FSF-Laserresonators zu wählen.

Es ist feststellbar, dass bei einer Entfernungsmessung und, gegebenenfalls bei sukzessiven Entfernungsmessungen in einem bestimmten Zeitabstand, auch bei Geschwindigkeits- und/oder Beschleunigungsmessungen sehr hohe Genauigkeiten erzielbar sind, die im wesentlichen nur von der Treiberfrequenzkonstanz des akustooptischen Modulators abhängen, sowie der Laserresonatorlängenstabilitäten während der Messzeit. Darüber hinaus sind lediglich Größen wie die Genauigkeit der Schwebungsfrequenzbestimmung zu berücksichtigen. Es ist einsichtig, dass systematisch Auflösungen und Genauigkeiten um  $10^{-6}$  -  $10^{-8}$  erzielbar sind. Durch das wesentlich verbesserte Signalrauschverhältnis ist es auch möglich, mit sehr geringen Leistungen Messungen durchzuführen, da nur ein hochfrequenter Anteil im detektierten Signal als Schwebung nachgewiesen werden muss und dies überdies bei bekannten oder näherungsweise bekannten Frequenzen.

Nach Fig. 8 umfasst eine allgemein mit 100 bezeichnete Vorrichtung zur orts aufgelösten Objektentfernungsbestimmung 100 eine frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle 101 zur Bestrahlung eines Objektes 102 mit entfernungsbestimmungsnutzbarer Strahlung 103 und einem positionsempfindlichen Objekterfassungssensor 104, wobei der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle 101, die vorliegend als infraroter frequenzverschobener Rückkopplungslaser 101 gebildet ist, ein Seed-Laser 105 zugeordnet ist, der modulierte und

schrittweise frequenzveränderliches Seed-Licht in das Verstärkungsmedium des FSF-Lasers 101 speist. Der Objekterfassungssensor 104 empfängt einerseits die Strahlung 103 vom Objekt, andererseits über eine Strahlteilereinheit 106 Referenzlicht über einen Referenzweg vorbekannter Länge aus dem FSF-Laser 101 sowie sichtbares Licht vom Objekt 102, wie durch Strahlen 107 angedeutet. Es sei darauf hingewiesen, dass zum Richten des FSF-Lichtes aus der Strahlungsquelle 101 auf das Objekt 102 sowie zum Sammeln von Licht bzw. entfernungsbestimmungsnutzbarer Strahlung vom Objekt 108 auf dem Objekterfassungssensor 104, für die Strahlteilung, eine Abblendung etc. herkömmliche optische Elemente wie bei 109 angedeutet vorgesehen sein können. Deren Aufbau kann gemäß herkömmlicher Regeln des Standes der Technik unter Berücksichtigung der jeweiligen Wellenlängen, gewünschten Abbildungseigenschaften und so weiter erfolgen. Es sei darauf hingewiesen, dass eine Ausbildung dergestalt möglich ist, dass eine Rundumüberwachung und -erfassung möglich wird, die Objekte aber eine Sphäre oder Teilsphäre um die Vorrichtung bilden, was etwa durch eine geeignete mechanische Dreh- und/oder Schwenklagerung aller oder eines Teils der Vorrichtungskomponenten möglich ist.

Wie aus dem vorstehend erläuterten allgemeinen Prinzip der des FSF-Lasers unter Seed-Injektion verständlich, wird es zu so einem Schwebungssignal auf den Sensor 104 durch die Überlagerung des Referenzlichtes und des vom bestrahlten Objekt 102 empfangenen Lichtes 108 kommen. Dieses Signal wird maximal, wenn die Seedfrequenz, mit welcher der Seed-Laser 105 moduliert wird, sich ergibt aus der Chirprate der Strahlung der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle 101 und dem vom Objektstrahl 108 - 103 zusätzlich zurückgelegten

Weg gemäß vorne stehender Formel. Es ist nun jedem Pixel des hier als CMOS-Array ausgelegten Sensors 104 eine Auswerteanordnung 110 zugeordnet, mit welcher das elektrische Signal von jedem Pixel des Objekterfassungssensors 104 schmalbandig gefiltert und durch geeignete Verstärkung konditioniert und dann an eine in der Auswerteanordnung 110 vorgesehene Maximum-Halteschaltung gespeist wird, die zu jedem Zeitpunkt einen augenblicklichen Wert des konditionierten Signals vergleicht mit dem zuvor beobachteten Maximum und ein Stoppsignal ausgibt, wenn ein solches Maximum unterschritten wird, was durch Signalabfall angedeutet ist. Das Stoppsignal wird an einen Zähler geleitet, der zu Beginn eines Seedfrequenzsignalsweeps über mehrere, stufenweise veränderten Seedsignalfrequenzen hinweg zu zählen beginnt. Der so für jedes Pixel abgelegte Stoppwert entspricht also einer Frequenz, bei welcher die Objekterfassungssensorsignalsignatur ihr Maximum aufweist. Durch Rückgriff auf die bekannte Chirprate, die geometrischen Verhältnisse insbesondere bezüglich der Referenzstrahlweglänge sowie auf das zeitliche Seedfrequenzsignalverhalten kann für jedes Pixel ein entsprechender Entfernungswert des auf dieses Pixel abgebildeten Objektbereiches bestimmt werden. Parallel zu der Bestimmung der Entfernung des Objektes, wie vorstehend beschrieben, kann das zweidimensionale, herkömmliche Bild in digitaler Weise erfaßt werden und es kann dann durch eine geeignete elektronische Beschaltung z.B. eine Überlagerung der Bilder erzielt werden. Auf diese Weise können zu einem Punkt in einem aufgenommenen zweidimensionalen Flächenbild die Tiefenwerte bestimmt werden und es kann eine räumliche Abbildung erhalten werden. Es sei darauf hingewiesen, dass mit einer derartigen Anordnung Beleuchtungsfelder besonders gut bestimmbar sind, was Bildsyn-



thesen unter Rückgriff auf die Gestalt aufgenommene Umgebungen, die dann als Objekte dienen, besonders erleichtert.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur orts aufgelösten Objektentfernungsbestimmung mit  
einer frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle zur Objektbestrahlung mit entfernungsbestimmungsnutzbaren Strahlung und  
einem positionsempfindlichen Objekterfassungssensor, dadurch gekennzeichnet, daß  
die frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle zur Objektbestrahlung mit einem Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung und  
der positionsempfindliche Objekterfassungssensor zur Erfassung der Schwebungsintensität vom Objekt und nicht vom Objekt einlaufender Strahlung ausgebildet ist.
2. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung als Mittel zur nichtstochastischen Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung ausgebildet ist  
und/oder  
eine Injektionslichtquelle, insbesondere einen Injektionslaser umfasst, wobei bevorzugt insbesondere Licht in einen Resonator injiziert wird, mit dem die frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle ausgebildet, wobei bevorzugt insbesondere eine Einstrahlung auf das Verstärkungsmedium derselben erfolgt, und wobei  
bevorzugt die Injektionslichtquelle zur Emission von Strahlung einer Strahlungsfrequenz nahe der oberen oder unteren Verstärkungsschwelle ( $G=1$ ) ausgebildet ist  
und/oder die Injektionslichtquelle zur Einstrahlung von

Injektionslicht bezogen auf die Verstärkungsbandbreite der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle schmalbandig ist, insbesondere eine Breite unter 5%, bevorzugt unter 1% der Bandbreite der Verstärkung der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle aufweist und/oder

die Injektionslichtquelle zur Einstrahlung von bezüglich Intensität und/oder Phase des optischen Trägers moduliertem Licht ausgebildet ist,

insbesondere zur regulären Modulation von Intensität und/oder Phase des Injektionslichtes und/oder dazu ausgebildet ist, eine mit der Zeit veränderliche, insbesondere periodische Modulation von Intensität und/oder Phase vorzunehmen, insbesondere die Injektionslichtquelle so ausgebildet ist, dass zumindest zeitweise eine lineare Modulationsfrequenzvariation stattfindet, wobei bevorzugt die Injektionslichtquelle dazu ausgebildet ist, eine Modulation, deren Frequenz in der Größenordnung und/oder nahe um die durch eine mit der Strahlungsquelle zu bestimmende Distanz und die aus der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle gegebene Chirprate erhalten wird, liegt, wobei bevorzugt auch die frequenzverschobene rückgekoppelte Strahlungslichtquelle ein Laser ist und insbesondere als Verstärkungsmedium desselben eine resonatorinterne optische Faser vorgesehen ist.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle ein Laser ist und das Mittel zur Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensitätserhöhung ein Seed-Licht in den ersten Laser einstrahlender, frequenzmodulierter Seed-Laser ist, wobei ein Mittel vorgesehen ist,

um die Frequenz der Seed-Laser-Frequenzmodulation an zu bestimmende Entfernungen anzupassen.

4. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mittel vorgesehen ist, um die Seedfrequenz allmählich insbesondere stufenweise zu verändern,

wobei bevorzugt das Mittel dazu ausgebildet ist, die Seedfrequenz für eine bestimmte Meßzeit  $T$  konstant zu halten und/oder um einen Mittelwert eines jeweiligen Seedfrequenzwertes herum insbesondere mit zur Distanzlückenvermeidung ausreichendem Hub zu wobbeln und/oder bei wiederholten Durchgängen die Seedfrequenzveränderung zu variieren, insbesondere durch systematische Frequenzauflösungsverringerung in wiederholten Durchläufen.

5. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß ein Filter zur Filterung der am Objekterfassungssensor bestimmten schwebungsintensitätsbezogenen Objekterfassungssensorsignale vorgesehen ist.
6. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterung zur Herausfilterung von Wechsignalsanteilen, insbesondere solcher auf und/oder schmalbandig um die Seedfrequenz ausgebildet ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin zur Konditionierung der Objekterfassungssensorsignale eine Signalverstärkung, bei Ausbildung nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche insbesondere eine Verstärkungsstufe hinter der Filterstufe vorgesehen ist,

wobei insbesondere wenigstens ein Regel- und/oder Steuerkreis zur Einstellung einer bestimmten Signalkonditionierung, insbesondere einer bestimmten Verstärkung vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Stufe zur Bestimmung der Entfernung anhand der Objekterfassungssensorsignalsignatur in Abhängigkeit von den Seedfrequenzen vorgesehen ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stufe zur Bestimmung der Entfernung anhand der Objekterfassungssensorsignalsignatur in Abhängigkeit von den Seedfrequenzen ausgebildet ist  
zur Entfernungs-Bestimmung  
im Ansprechen auf das Erreichen eines Maximalwert des wie erforderlich aufbereiteten Objekterfassungssensorsignals bei Seedfrequenzveränderung und/oder  
im Ansprechen auf einen Effektivwert, insbesondere einen realen Effektivwert, insbesondere wie durch Gleichrichten und Tiefpaßfilterung erhalten, des wie erforderlich aufbereiteten Objekterfassungssensorsignals bei Seedfrequenzveränderung und/oder  
im Ansprechen auf einen Effektivwert insbesondere in einem Frequenzfenster um die Seedfrequenz herum und/oder  
im Ansprechen auf die Stärke einer Seedfrequenzkomponente im Objekterfassungssensorsignal.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß
- eine Stufe zur Veränderung der Seedfrequenz mit der Zeit vorgesehen ist und
- eine Objekterfassungssensorsignalauswertestufe als entfernungsbezogenen Meßwert einen für eine Zeit bis zum Erreichen einer vorgegebenen Objektsignalsignatur repräsentativen Wert bestimmt,

insbesondere durch Messung der Zeit bis zum Erreichen eines Schwell- und/oder Maximumwertes,

wozu insbesondere eine analoge Maximumhalte-schaltung für die Erfassung des zeitlichen Signalverlaufs mit einem zugeordnetem Digitalregister für ein Einschreiben eines Wertes, insbesondere eines seedfrequenzbezogenen Wertes, insbesondere eines Sweepzeit- und/oder Zählerwertes,

weiter insbesondere bevorzugt mit einer Schaltung zur Festlegung des einzuschreibenden Wertes in Abhängigkeit vom Erreichen eines analogen Schwell- und/oder Maximalwertes

vorgesehen ist und/oder

wozu insbesondere eine Ableitungsstufe zur Ableitung der frequenzabhängigen Objekterfassungssensorsignalsignatur, insbesondere unter simultaner, rauscheinflußverringender Betrachtung eines Signalkomparatorausgangs vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der positionsempfindliche Objekterfassungssensor zum simultanen und/oder zeitlich

licht sequentiell hintereinander erfolgenden Empfang und/oder Auswertung von Strahlung aus dem Rückempfangen der Objektbestrahlung einerseits und anderem Licht vom Objekt andererseits ausgebildet ist,

wobei insbesondere die im frequenzverschoben rückgekoppelte Strahlungsquelle zur Emission im Infraroten ausgebildet ist

und/oder der positionsempfindliche Objekterfassungssensor weiter insbesondere zum Empfang von sichtbarem Licht als anderem Licht vom Objekt ausgebildet ist, wobei insbesondere eine Auswertung der Objekterfassungssensordaten für rückempfangene Strahlung und anderes Licht nach unterschiedlicher Signalkonditionierung erfolgen kann.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der positionsempfindlichen Objekterfassungssensor zur pixelweisen Erfassung von Strahlung aus dem Rückempfangen der Objektbestrahlung und/oder anderem Licht vom Objekt ausgebildet ist,

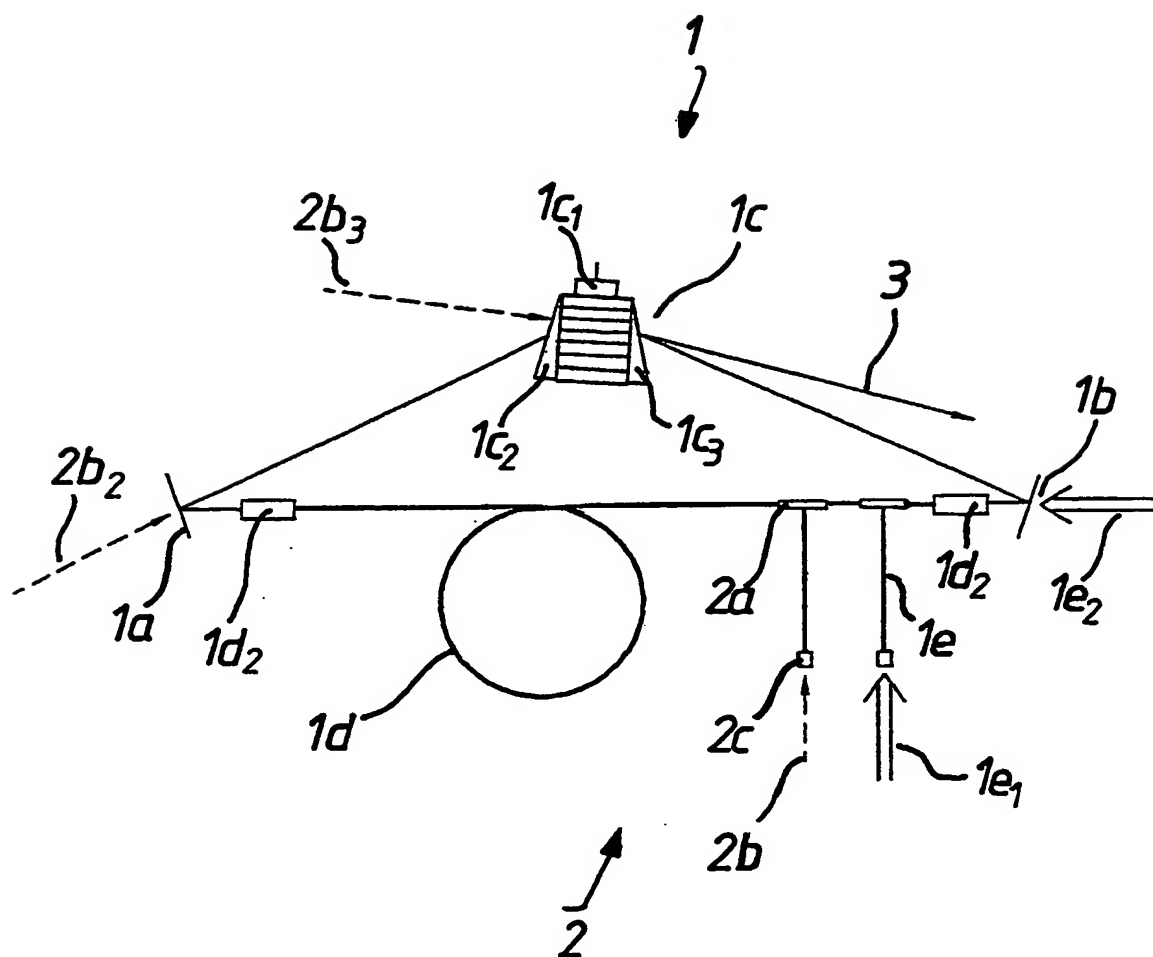
wobei der positionsempfindliche Objekterfassungssensor insbesondere einen Multipixelchip für eine Mehrfarberfassung mit einem Farbfiltermuster umfaßt und/oder separate, insbesondere über einen Strahlteiler in einem Objektabbildungsstrahlengang ausgeleuchtete Multipixellemente für Licht und/oder Strahlung in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen vorgesehen sind, wobei insbesondere eine Bildlagekorrekturstufe zur Herbeiführung einer Bildlageübereinstimmung vorgesehen ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der positionsempfindliche Ob-

jekterfassungssensor zur pixelweisen Erfassung von Strahlung aus dem Rückempfangen der Objektbestrahlung und/oder anderem Licht vom Objekt ausgebildet ist eine Mehrzahl von Auswerteeinheiten, insbesondere eine je Pixel, insbesondere zur Erhöhung der Auswerte- und/oder Bildwiederholffrequenz vorgesehen sind.

14. Verfahren zur orts aufgelösten Objektentfernungsbestimmung mit  
einer frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle zur Objektbestrahlung mit entfernungsbestimmungsnutzbaren Strahlung und  
einem positionsempfindlichen Objekterfassungssensor, dadurch gekennzeichnet, daß  
die Emissionsfrequenzkomponentenschwebungsintensität an der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle zur Objektbestrahlung über das durch stochastische Schwankungen der frequenzverschoben rückgekoppelten Strahlungsquelle erhältliche Maß hinaus erhöht und die Schwebungsintensität von vom Objekt und nicht vom Objekt einlaufender Strahlung als entfernungsindikatives Signal bestimmt wird.





**FIG. 1**

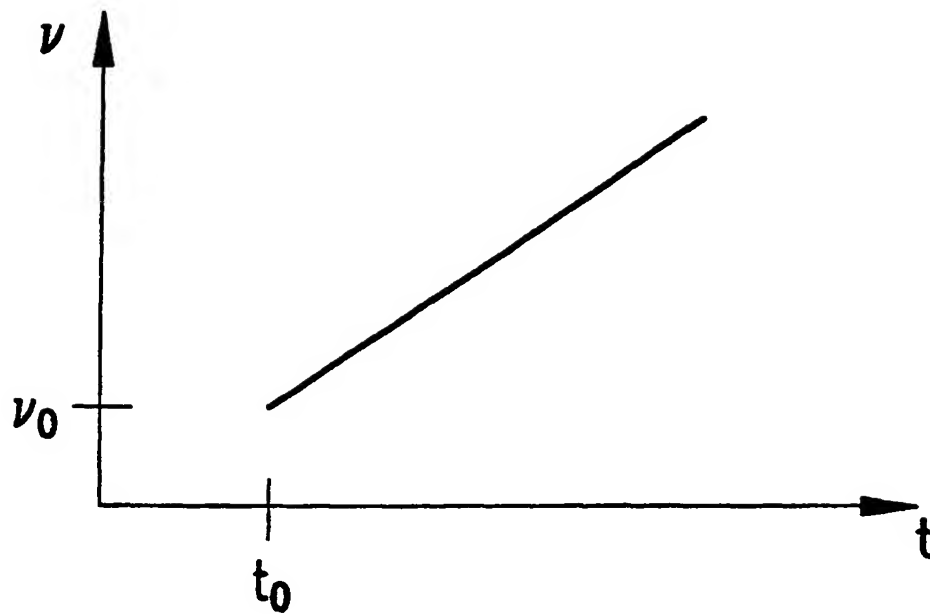


FIG. 2

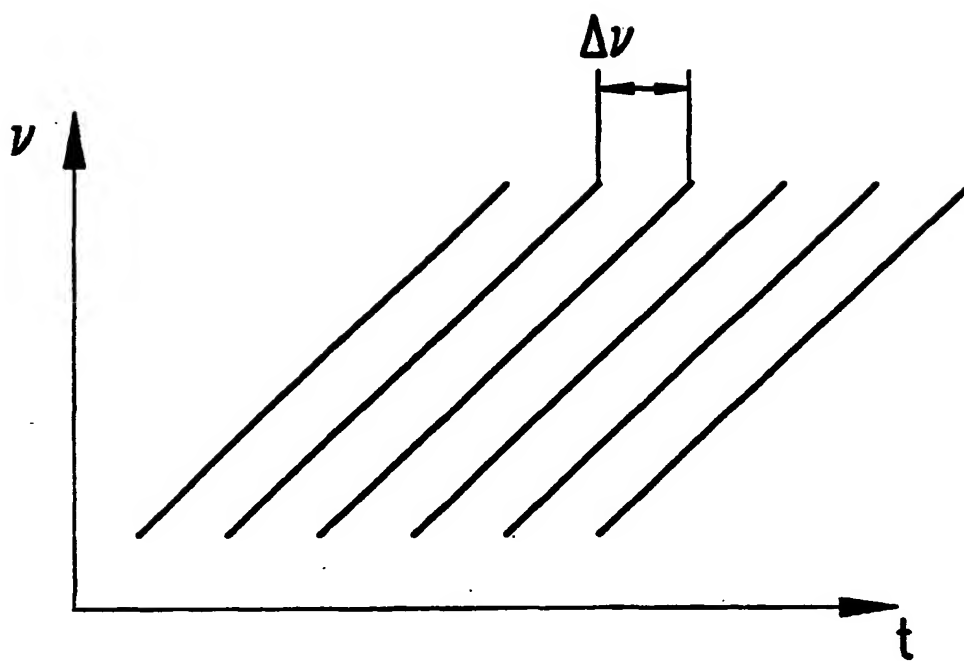


FIG. 3

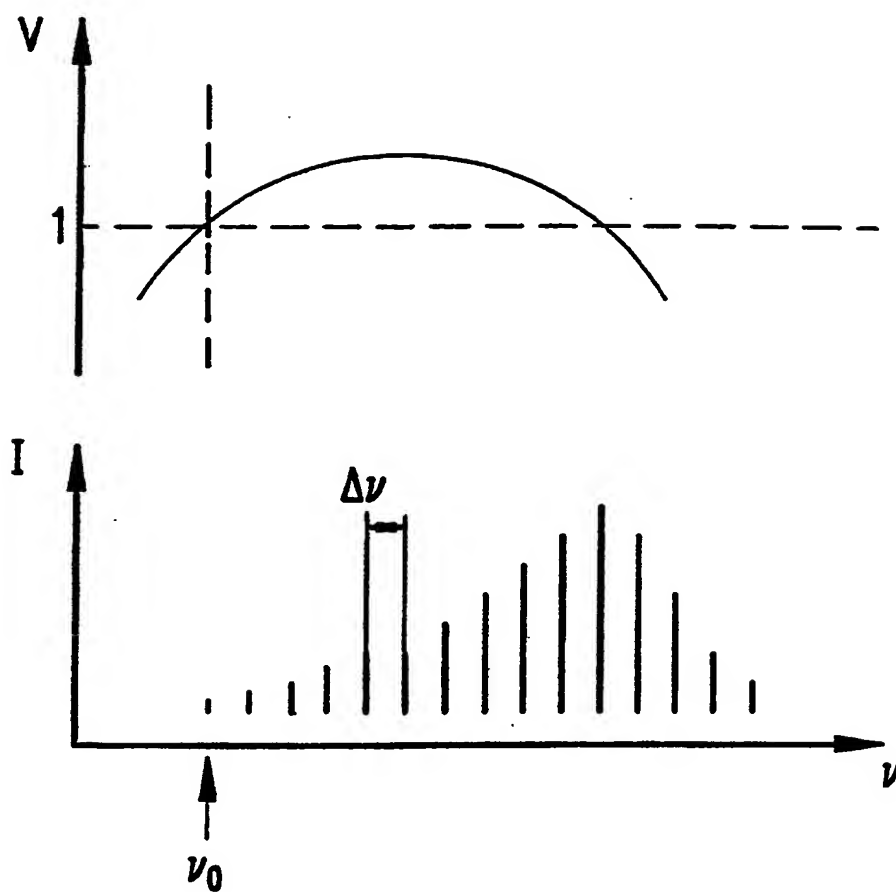


FIG. 4

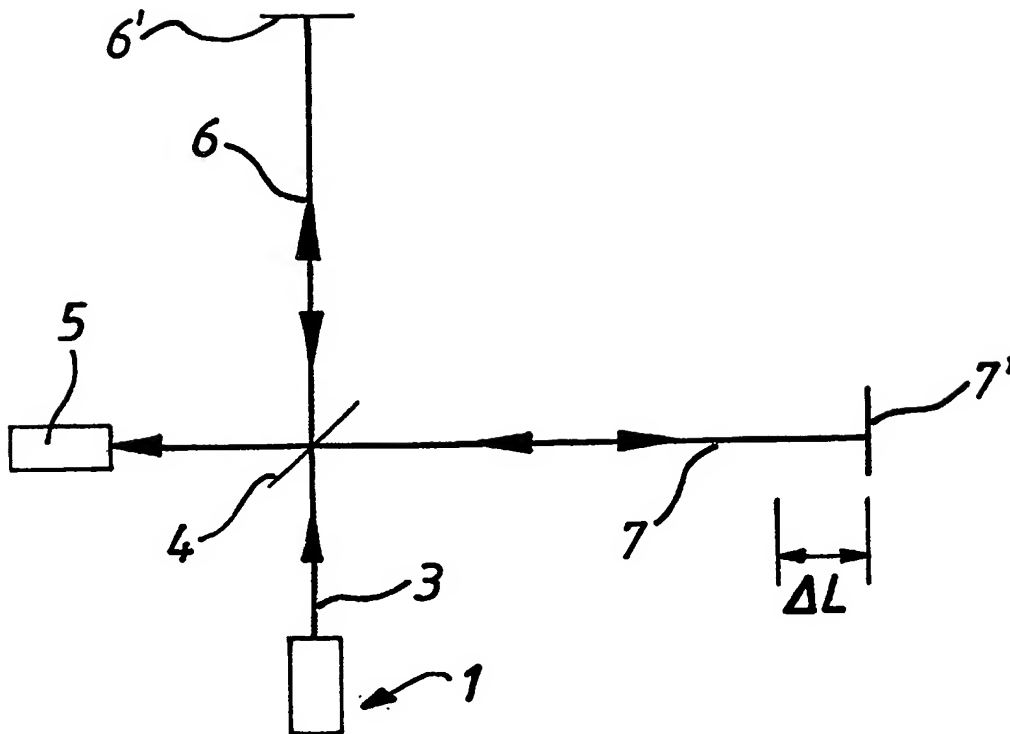


FIG. 5

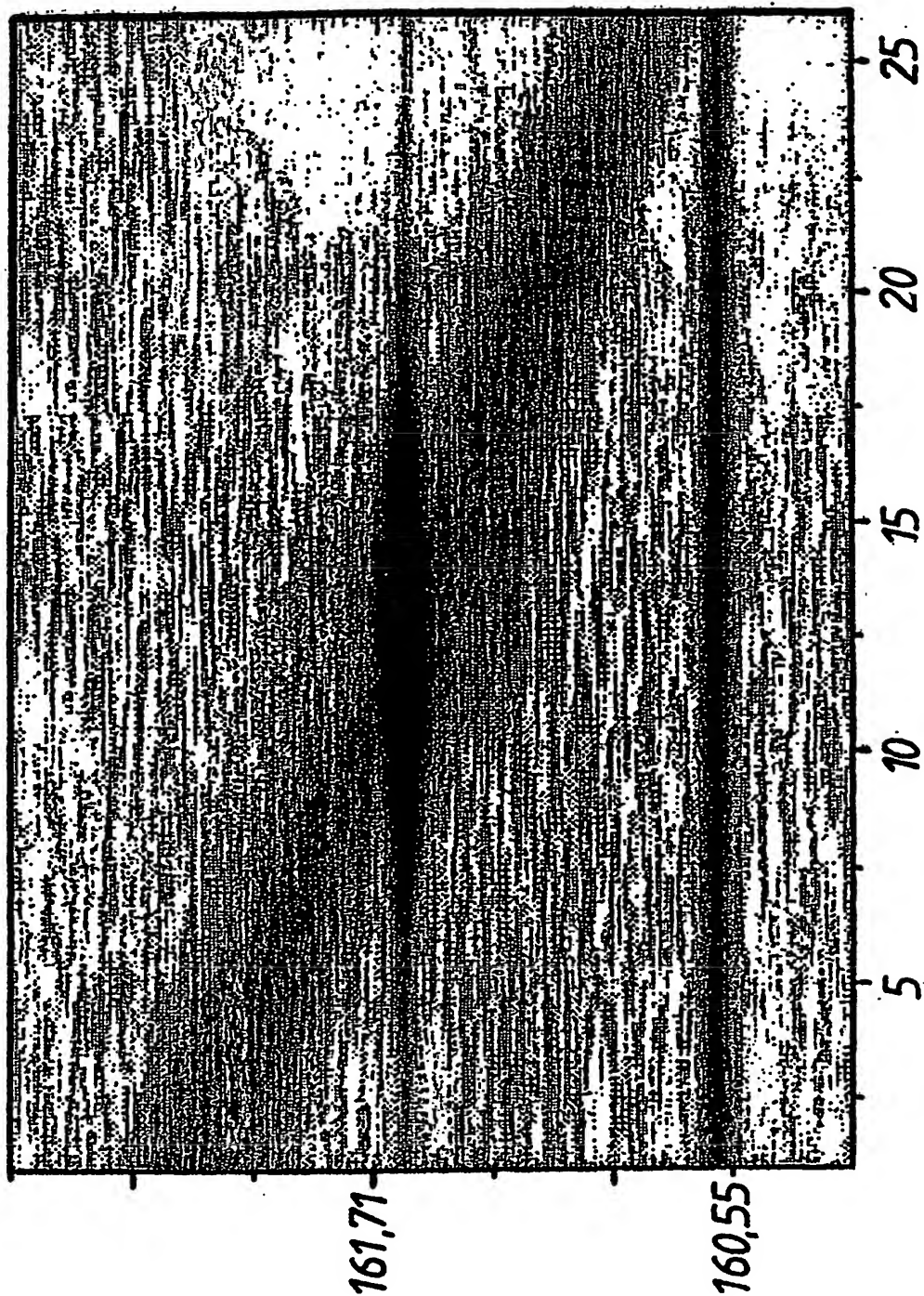


FIG. 6

BEST AVAILABLE COPY

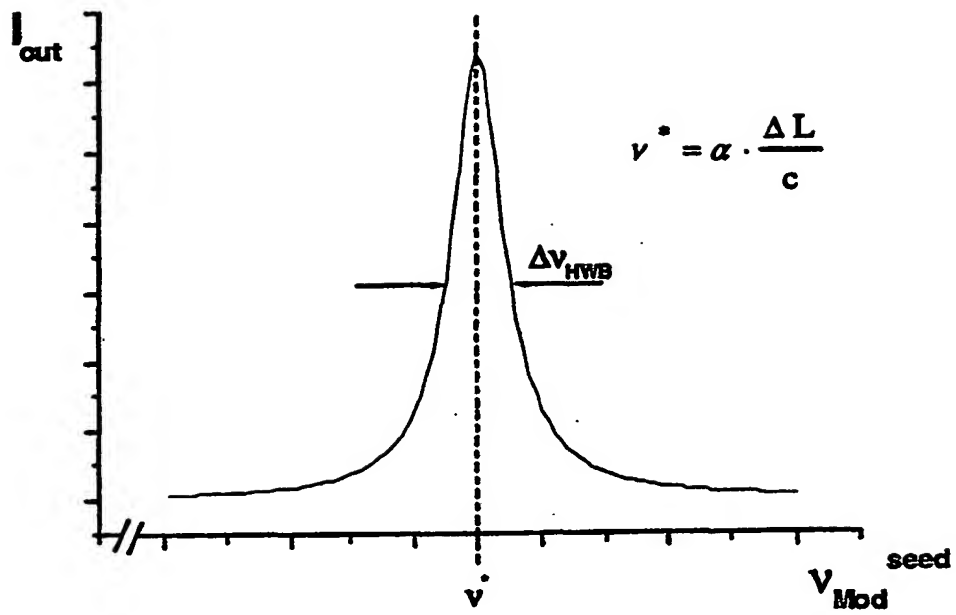


FIG. 7

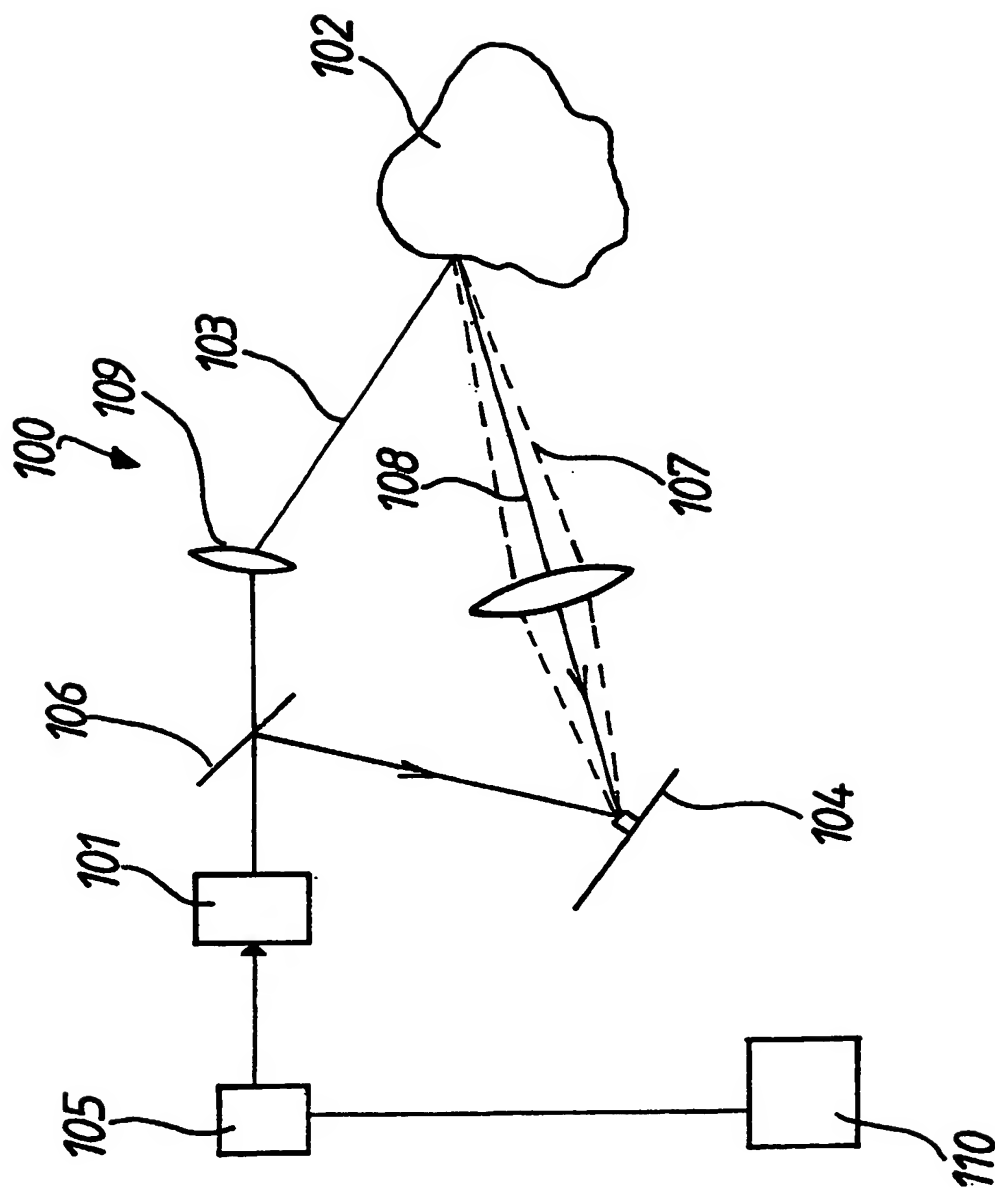


FIG. 8